

# Química d'un món fluid. Estudi de les aigües del riu Tordera i de la seva conca

Chemistry of a fluid world. Study of the river Tordera and its basin

Martí Garçon / Exalumne de l'Escola Pia de Calella (Barcelona) i estudiant de química a la Universitat de Girona



## resum

En aquest article, es presenta un treball de recerca de batxillerat relacionat amb l'àmbit de la química. Concretament, és un estudi sobre el riu Tordera i la seva conca, tot posant un especial èmfasi en la qualitat de les aigües i les anàlisis de determinats paràmetres fisicoquímics representatius. S'expliquen les metodologies emprades, les anàlisis realitzades i els resultats obtinguts. A l'article, s'hi presenta la discussió dels resultats més remarcables i les principals conclusions que se n'han extret.

## paraules clau

Treball de recerca, riu Tordera, anàlisis d'aigües, contaminants.

## abstract

This article presents a high school research project related to chemistry. Specifically, it is based on a study of the Tordera River and its basin, focusing on water quality and analysis of certain physico-chemical parameters. Methods, analysis and results are explained in the article, which also presents a discussion of the most remarkable results and conclusions.

## keywords

Research project, Tordera River, water analysis, pollutants.

## Introducció

Molt sovint, la gent que vivim al costat del riu Tordera no valorem prou el gran tresor que és tenir un riu d'aquestes característiques a prop nostre, ja que gràcies a ell es poden dur a terme moltes de les nostres activitats. Això comporta que l'activitat humana tingui un gran impacte sobre la conca de la Tordera, o almenys això és el que es pot deduir a simple vista. Així, doncs, em vaig plantejar investigar alguns aspectes de la conca i el riu i intentar determinar si realment estàvem abusant del nostre

recurs natural més preuat, tot contaminant les seves aigües i, de retruc, tots els sistemes naturals que en depenen, sigui de manera directa o indirecta.

Així, doncs, els objectius principals del treball consistien a fer-se una idea el més acurada possible de l'estat real del riu i la conca, dels usos de l'aigua i de les principals activitats humanes que s'hi desenvolupen. Calia escollir i desenvolupar els mètodes analítics més escaients, fer un seguiment del riu en diferents moments de l'any, localitzar zones especialment contamina-

des i realitzar propostes de millora, si era necessari, tot partint de la hipòtesi que caldria portar a terme accions concretes per tal de millorar la qualitat del riu.

## Metodologia

Quant a les metodologies emprades, el treball es divideix en dos grans blocs: una part documental i una part experimental. A la part documental es realitzen una recerca, una compilació i un tractament d'informació diversa relacionada amb la geografia, la geologia, la climatologia i les activitats humanes

relacionades amb la conca, amb una part històrica i social, un recull de normativa legal relacionada amb l'aigua i el desenvolupament de mètodes per a la caracterització de la dinàmica fluvial. A la part experimental se seleccionen els principals punts de mostreig i paràmetres a analitzar. Es desenvolupen les diferents tècniques d'anàlisi que es portaran a terme; aquestes es realitzen al laboratori anotant els resultats. Finalment, es presenta la discussió de les dades obtingudes i les conclusions extretes.

Les mostres d'aigua del riu s'han pres en diferents moments de l'any, al llarg del període que va des del 02/04/2010 fins al 16/01/2011.

Les dades aquí presentades, acompanyades de la resta de les dades obtingudes sobre els municipis de la conca, han permès fer un acostament teòric a l'estat de la conca i del riu des de diferents àmbits

## El curs de la Tordera. Balanç hídric

La Tordera és un riu el curs del qual transcorre pel nord-est de Catalunya i passa per les comarques del Vallès Oriental, la Selva, el Maresme i un petit tros d'Osona. Neix a la Serralada Prelitoral, dins del massís del Montseny, passa per la Depressió Prelitoral i, vorejant la Serralada Litoral (serra del Montnegre), desemboca al mar Mediterrani.

Té una longitud aproximada de 60 km, nombrosos afluents (bàsicament rieres i torrents), passa per diversos pobles i té una conca d'uns 850 km<sup>2</sup>. Quant a l'impacte humà, cal remarcar que la pressió antròpica sobre la conca de la Tordera ha augmentat de manera espectacular en els últims anys. En tan sols vint anys, la població de la conca pràcticament s'ha duplicat. Comparant-ho amb la tendència general de Catalunya, veiem que, mentre que la població catalana en els últims vint anys ha augmentat un 25 %, aproximadament (d'uns 6 milions a 7,5), l'augment demogràfic de la conca s'apropa al 100 % (d'uns 100.000 a gairebé 200.000 habitants). Si investiguem les activitats principals desenvolupades a la zona,

cal diferenciar entre els tres trams del riu. En el curs alt, hi trobem abundants espais naturals protegits (com el Parc Natural del Montseny) i una població bastant dispersa. En canvi, el curs mitjà és un important corredor d'infraestructures (carreteres, autopista, AVE, trens, etc.). A més, hi abunda una important indústria química i farmacèutica. Finalment, el curs baix és una zona més agrícola (tot i que també hi ha indústria) i està sotmesa a un fort turisme intensiu, especialment en la zona més costanera.

A la conca de la Tordera es desenvolupa tota una sèrie d'activitats humanes d'allò més variades i diversificades. Tot i això, les principals activitats que tenen una forta repercussió directa sobre el riu són, bàsicament, la indústria, l'agricultura i la ramaderia. Quant a la indústria, en tot el conjunt de la conca trobem un total de cent vint-i-sis polígons industrials. El poble amb més activitat industrial és, de lluny, Sant Celoni, amb un total de setze polígons, més del doble que Tordera, amb set, que és un altre dels més industrialitzats de la conca, també. Segons el *Cens agrari* 1999, a la conca hi ha unes 10.000 ha de SAU, o superfície agrícola utilitzada (terres llaurades + pastures permanents), i gairebé 400 km<sup>2</sup> de terreny forestal. Tot i que no és molt abundant, també hi ha una certa activitat ramadera, especialment en pobles com Sant Celoni, Tordera, Santa Coloma de Farners, Riudarenes o Sils, entre d'altres.

Les dades aquí presentades, acompanyades de la resta de les dades obtingudes sobre els municipis de la conca, han permès fer un acostament teòric a l'estat de la conca i del riu des de diferents àmbits. Això també ha permès desenvolupar aquestes dades per fer una aproximació de la dinàmica

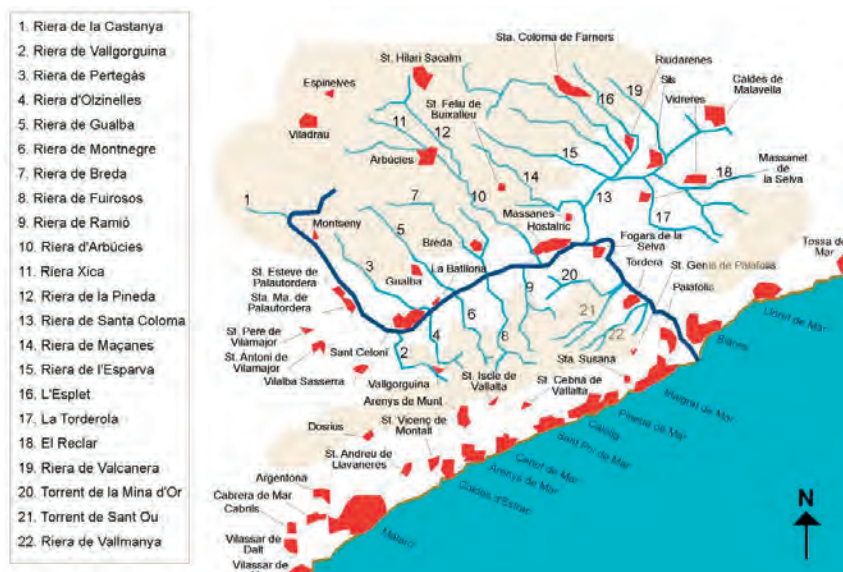


Figura 1. Afluent i conca de la Tordera amb les poblacions circumdants.

Taula 1. Càlcul del cabal teòric del riu Tordera considerant la càrrega i la descàrrega

|                        |                  | Unitats                |
|------------------------|------------------|------------------------|
| Superfície conca       | 850.000.000      | m <sup>2</sup>         |
| Hores/any              | 8760             | h                      |
| Pluviometria           | 535              | mm                     |
| Aqüífers               | 226,6            | mm                     |
| Evaporació             | 155,4            | mm                     |
| Evapotranspiració      | 37,04            | mm                     |
| Embotelladores         | 2,35             | mm                     |
| <b>Cabal restant</b>   | <b>113,61</b>    | <b>mm/any</b>          |
| <b>Cabal horari</b>    | <b>11.023,80</b> | <b>m<sup>3</sup>/h</b> |
| <b>Cabal per segon</b> | <b>3,06</b>      | <b>m<sup>3</sup>/s</b> |

mica fluvial. En aquest punt del treball es va realitzar bàsicament un balanç hídric de la conca tenint en compte quines càrregues i descàrregues d'aigua tenia el riu. La recàrrega prové de la pluja, mentre que hi ha altres intervencions que treuen aigua del riu. Aleshores, vaig dissenyar un mètode per calcular-ho i obtenir el cabal final teòric del riu. Per això es necessitava conèixer la climatologia de la conca. Es van agafar alguns municipis separats i es va realitzar una estimació de la pluviometria. Amb dades dels últims deu anys, obtenim que la precipitació mitjana anual és d'uns 535 mm. A continuació, s'exposa l'essència del mètode.

Cal tenir en compte les precipitacions com a aportació d'aigua, i l'evaporació, infiltració i evapotranspiració com a principals descàrregues d'aigua. Posant per exemple el càlcul de l'aigua consumida per les plantes, tenim que, amb aquest mètode, basat en la producció fotosintètica, les úniques variables són la superfi-

cie agrícola i forestal de la conca, prèviament calculades. Amb aquestes dades, obtenim un cabal d'uns 3.600 m<sup>3</sup>/h. Els altres factors a tenir en compte a l'hora de realitzar el balanç hídric són els següents: la infiltració cap als aqüífers i l'evaporació. També es poden comptabilitzar les activitats humanes extractives, com, per exemple, les empreses embotelladores situades al massís del Montseny, tot i que tenen un impacte bastant petit en el cabal total del riu. Amb totes aquestes dades, obtenim un cabal teòric del riu d'uns 3 m<sup>3</sup>/s, enfront dels 14,42 m<sup>3</sup>/s que provenen de l'aportació de les precipitacions, la qual cosa, aproximadament, es correspon amb el cabal mitjà real del riu.

de Mar, a prop de la desembocadura.

Respecte als paràmetres físico-químics seleccionats, es poden dividir en dos grans grups: els analitzats de manera quantitativa, que sovint s'han obtingut in situ fent-ne un seguiment més llarg, i els paràmetres analitzats qualitativament, que s'han realitzat al laboratori de manera més puntual.

Els paràmetres estudiats són els següents: la temperatura, la conductivitat, el pH, l'oxigen dissolt, els nitrats i fosfats (com a indicadors de contaminació agrícola), el plom (indicador de contaminació industrial) i els clorurs. També s'ha realitzat un estudi del cabal durant el període estival. Els paràmetres s'han



Figura 3. Punt de mostreig 3 a 15/05/2010.

### Anàlisi de paràmetres físico-químics

En aquest apartat és on es desenvolupen i es realitzen les anàlisis de l'aigua.

S'escullen quatre punts principals de mostreig i s'extreuen mostres d'aquests punts en diferents moments de l'any. Un primer punt es troba a la capçalera del riu; un altre, passat Sant Celoni; un altre, a Tordera, sota el pont de la N-II, i encara un altre, a Malgrat

analitzat quantitativament, a excepció dels fosfats i el plom, que, per la seva escassa presència, s'han analitzat qualitativament. A continuació es detallen els mètodes definitius emprats.

La conductivitat, el pH, la temperatura i l'oxigen dissolt es van mesurar amb un aparell, model PCE-PHD 1, i sondes específiques per a cada paràmetre. Els nitrats es van analitzar amb un equip de detecció de nitrats per colorimetria (Sera Nitrat-Test, de

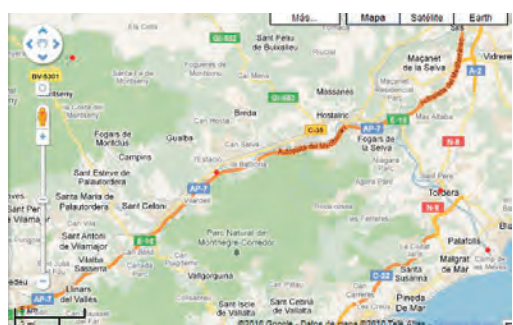


Figura 2. Mapa dels punts de mostreig (•).



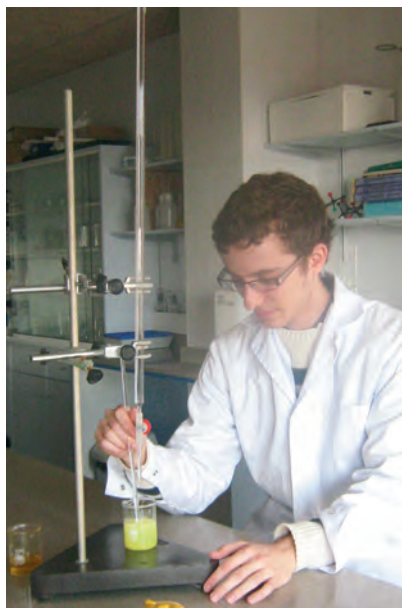


Figura 4. Realització de l'anàlisi de clorurs al laboratori de l'escola.

Sera GmbH). Els clorurs es van quantificar mitjançant una valoració per precipitació. La mostra d'aigua que conté ions  $\text{Cl}^-$  es fa reaccionar amb cations  $\text{Ag}^+$  en presència de cromat  $\text{CrO}_4^{2-}$ . La precipitació inicial de clorur de plata (precipitat blanc) ve seguida de la precipitació del cromat de plata quan ja s'ha consumit tot el clorur present a la mostra. El final de la valoració es detecta per la formació del precipitat vermell de cromat de plata:  
 $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ , i quan s'acaben els clorurs:  
 $\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \downarrow$ .

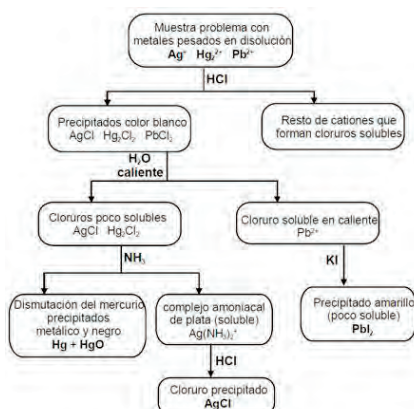


Figura 5. Marxa analítica dels metalls pesants.

En canvi, els fosfats es van analitzar de manera qualitativa, ja que les concentracions trobades eren massa baixes. Es va determinar la seva presència mitjançant precipitació amb clorur de ferro (III). L'addició del  $\text{FeCl}_3$  comporta una acidificació de la solució. En medi àcid, no es produeix la precipitació de fosfat de ferro (III), per la qual cosa és necessari mantenir un pH proper a 7, cosa que s'aconsegueix amb l'addició d'acetat sòdic. El fosfat de ferro és un precipitat esponjós d'un color groc apagat.

L'anàlisi del plom es va plantejar de dues maneres diferents. Partint de la base de fer anàlisis de caràcter qualitatiu mitjançant reaccions de precipitació, tenim el primer mètode en què s'analitza la presència de metalls pesants usant un sistema molt conegut, com és ara una marxa analítica. La marxa està basada en l'esquema de la fig. 5.

El problema principal és que el diclorur de plom és una sal relativament soluble en aigua ( $K_{ps} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ ). Per observar precipitació, cal força quantitat de plom, i en les mostres d'aigua del riu, les concentracions eren massa baixes. L'altre mètode és un mètode de precipitació amb ió cromat. Es van realitzar diverses proves de solubilitat de diferents sals de plom (ió sulfat, iodur, carbonat i cromat) i amb la qual es va veure un precipitat més clar va ser amb el cromat.

Finalment, es va analitzar el cabal durant l'estiu, ja que durant aquest període el cabal és petit i les temperatures de l'aigua i de l'ambient són elevades. El cabal es mesurava de la manera següent: en primer lloc, es mesurava l'amplada del riu, que en aquestes dates no superava els 10 m; després, es dividia

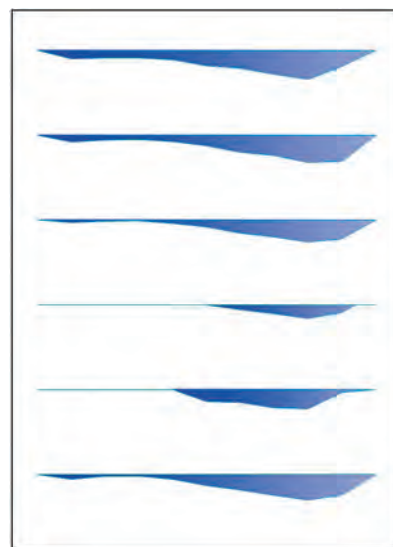


Figura 6. Evolució dels perfils esquemàtics fets amb AutoCAD de les seccions transversals del riu Tordera en el punt de mostreig 3.

l'amplada en seccions d'1 m i, en cada secció, es mesurava la profunditat.

Amb aquestes dades, es calculava l'àrea aplicant la fórmula  $A = \Sigma[h_n \cdot b_n + b_n(h_{n+1} - h_n)/2]$ , on  $h$  és la profunditat en cada secció i  $b$  és la base de la secció, que preferentment val 1 m. Finalment, es mesurava la velocitat lineal de l'aigua cronometrant el temps que trigava un objecte a recórrer 1 m. Aleshores, multiplicant l'àrea de la secció transversal per la velocitat, s'obtenia el cabal en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Els paràmetres estudiats són els següents: la temperatura, la conductivitat, el pH, l'oxigen dissolt, els nitrats i fosfats (com a indicadors de contaminació agrícola), el plom (indicador de contaminació industrial) i els clorurs

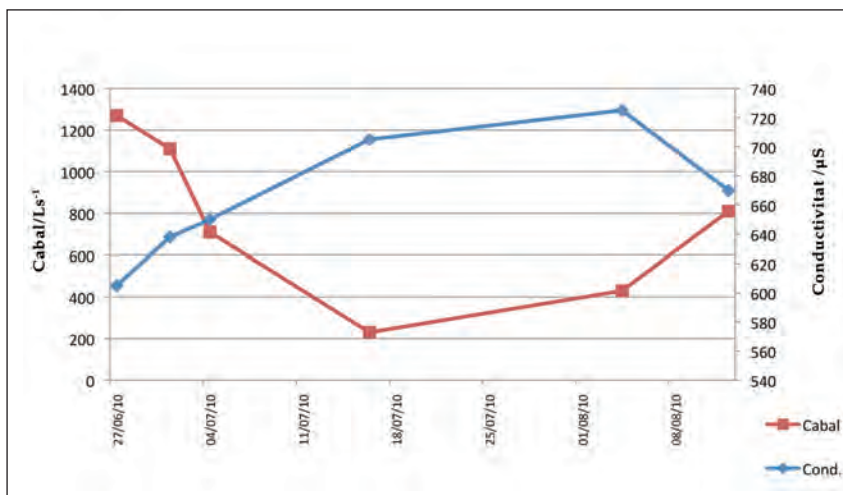


Figura 7. Comparació entre el cabal ( $\text{Ls}^{-1}$ ) i la conductivitat en el punt de mostreig 3 (el pont de la N-II) en funció del temps (durant el període estival).

Tot seguit, tenim l'evolució cronològica dels perfils esquemàtics de la secció transversal del riu, que mostren l'evolució del cabal del riu durant el període estival estudiat: el primer correspon al 27/06/2010; el segon, al 01/07/2010; el tercer, al 04/07/2010; el quart, al 16/07/2010, que és el que porta menys aigua i preludia la sequera total del 25/07/2010; el cinquè, al 04/08/2010, mentre que l'últim, amb un augment de cabal considerable, és del 12/08/2010. En els perfils, la línia horitzontal (que sempre val 10 m) és la superfície de l'aigua, i estan orientats de manera que la part esquerra (poc profunda) és la de la riba esquerra, i la dreta, la del marge dret del riu.

### Discussió dels resultats

El mètode més usat, tant per la seva comoditat i rapidesa com per la informació general que proporciona i que permet detectar veloçment problemes i/o contaminació millor que pràcticament cap altra anàlisi, és la conductivitat. Dels resultats obtinguts s'extreuen diverses conclusions. Per començar, hi ha el tema de les depuradores. Per posar un exemple, allà on hi ha la depuradora de Santa Maria de Palautordera, si analitzem abans i

després de l'abocament de les aigües (tan sols uns 200 m més avall), observem un augment de 51  $\mu\text{S}$ . Aleshores, coneixent els cabals del riu i de la depuradora i les conductivitats d'abans i de després, podem calcular quina és la conductivitat aproximada de les aigües que aboca la depuradora. Així, doncs, la conductivitat obtinguda era de l'ordre de 2.000  $\mu\text{S}$ . Aquesta dada s'hauria de contrastar, però apunta a una possible elevada càrrega iònica en les aigües que surten de l'estació depuradora.

Tal com es pot observar en el gràfic de la fig. 7, la relació que s'estableix entre el cabal i la conductivitat queda força reforçada,

de manera que, quan el cabal minva, la conductivitat augmenta.

Per tant, podem concloure que, si s'incrementa el cabal, la concentració d'ions disminueix i, en conseqüència, baixa la conductivitat. Aquesta conclusió es pot explicar perquè, quan augmenta el cabal, una bona part de l'aigua ve de la pluja i aquesta aigua té poquíssimes sals, o que les sals que es dissolen a l'aigua per erosió amb més cabal estan més diluïdes. El factor principal, però, és un altre. Tal com es demostra en el càlcul de la depuradora, els humans i les activitats antròpiques (fàbriques, agricultura, etc.) aboquen al riu aigua que pot estar contaminada o que presenta una forta càrrega iònica per al riu, com és ara l'aigua de les depuradores. Com que aquests abocaments són més o menys constants, quan el cabal disminueix, hi ha menys aigua per dissoldre aquesta aigua carregada, de manera que l'aigua del riu queda més concentrada d'ions i, per tant, té una major conductivitat.

Quant al pH, veiem que tots els valors de pH són molt estables, tots aproximadament de 7,5 (varien entre 7 i 8). Tot i així, hi ha un valor que s'aparta anormalment de la mitjana: el 12/08/2010 es va mesurar un pH

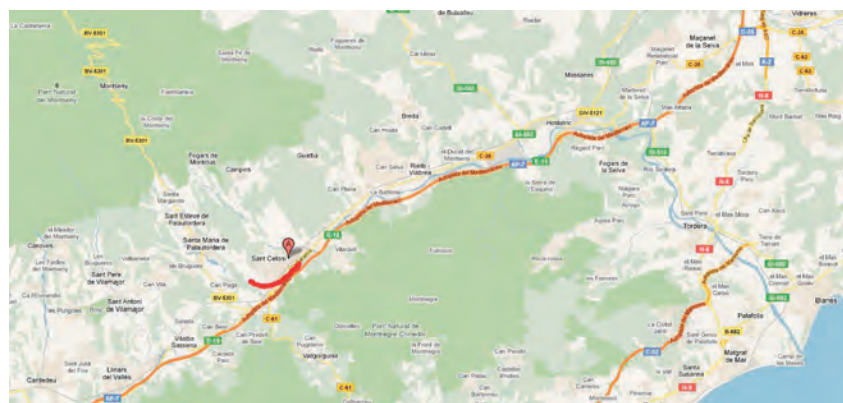


Figura 8. Mapa del recorregut de la Tordera on la línia vermella indica un dels principals focus de contaminació.

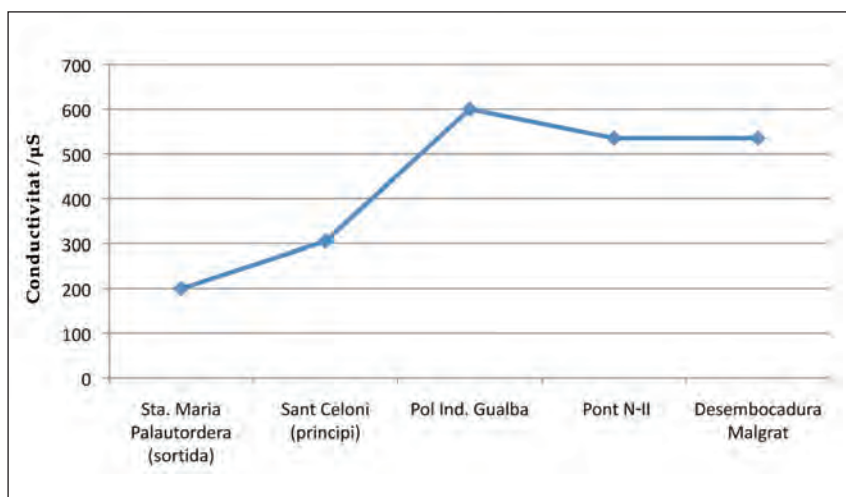


Figura 9. Gràfic amb l'evolució de la conductivitat al llarg del recorregut del riu el 19/09/2010.

de 8,73. La causa d'aquest valor cal trobar-la en un accident que va tenir lloc a l'AP-7, a l'altura de Sant Celoni. Un camió carregat de sosa càustica va bolcar i part de la seva càrrega es va abocar al medi. Aquest vessament va arribar al riu, tot augmentant-ne d'aquesta manera el pH. Uns quants dies després, el riu fou capaç de superar aquest fort impacte i retornar a les seves condicions normals.

Els nivells d'oxigen dissolt van resultar bastant normals, cosa que permet suposar que no hi ha gaires problemes d'eutrofització en el curs normal del riu. Els baixos nivells de nitrats (no sobrepassen els 25 mg/L) recolzen aquest supòsit. Quant als fosfats, es detectava la presència d'una dèbil precipitació, només visible amb llanterna. Això permet confirmar la presència, encara que escassa, de fosfats, malgrat que impossibilita la realització d'una valoració quantitativa, ja que no es pot veure quan acaba de reaccionar el clorur de ferro (III).

Finalment, pel que fa als clorurs, com era d'esperar, a la capçalera les aigües estan molt poc clorades, mentre que, a mesura que el riu va fent el seu recorregut, l'aigua va enriquint-se amb aquest ió. Tot i així, totes les con-

centracions són més que acceptables, tot fent esment, però, de la dada del punt de mostreig 4 (gairebé a la desembocadura): és més del doble que les altres dades (186,02 mg/L), i això permet sospitar la presència d'intrusió marina.

**Els nivells d'oxigen dissolt van resultar bastant normals, cosa que permet suposar que no hi ha gaires problemes d'eutrofització en el curs normal del riu. Els baixos nivells de nitrats (no sobrepassen els 25 mg/L) recolzen aquest supòsit**

Si parlem de les zones especialment contaminades, veiem que la Tordera no rep els mateixos impactes a tots els punts del riu, sinó que hi ha focus de contaminació. El principal es troba marcat en el mapa i coincideix amb l'entrada, el poble i la sortida de Sant Celoni.

Una manera de veure-ho clarament és amb els resultats del 19/09/2010. Els primers tres punts estan molt poc separats i la con-

ductivitat es multiplica per tres, mentre que a la resta del riu es manté més o menys estable. Així, doncs, aquest tram és un important focus de contaminació que perjudica tota la resta del riu. És un punt crític on conflueixen una potent indústria i un nucli poblacional important.

### Propostes de millora i conclusions

Algunes de les propostes de millora proposades en el treball de recerca estan resumides a continuació. En primer lloc, caldria limitar la construcció en conques sobreexplotades, ja que aquestes poblacions consumeixen més aigua, i si els aqüífers estan sobreexplotats, com és el cas del de la baixa Tordera, s'agreuja el problema de la manca de recursos hídrics. Una altra proposta seria relativa a la gestió de residus. Òbviament, l'aigua amb què ens dutxem no és la mateixa que l'aigua amb què fem els plats o la del lavabo. Per tant, els habitatges de nova construcció haurien de tenir canonades diferents per als diferents tipus d'aigua. Aquesta no és una proposta amb caràcter retroactiu, atès l'important cost econòmic que representaria, però en uns anys, si s'apliqués aquesta mesura a totes les cases noves, el medi en sortiria força beneficiat, ja que el tractament que s'ha d'aplicar a aigües fecals o a aigües amb un fort contingut de detergents no és el mateix, i aplicant el mateix tractament a totes les aigües no s'aconsegueix un aprofitament satisfactori dels recursos. De la mateixa manera, caldria fer un seguiment més estricte de les indústries que aboquen al riu, sigui directament o indirecta, mitjançant alguna depuradora, així com de les entitats molt properes al riu susceptibles de produir contaminants. És força lamentable que hi hagi casos



com el del camp de tir La Gavio-  
ta, de Malgrat de Mar, on s'esta-  
ven abocant cartutxos de plom al  
riu. Finalment, proposaria seguir  
els programes de regeneració de  
les riberes del riu, actualment  
força castigades.

Tot seguit es comenten algu-  
nes de les conclusions a les  
quals he pogut arribar a partir  
del treball. En primer lloc, he  
eutrofització no és un perill pre-  
ocupant en les aigües del riu.  
Tot i així, a la conca hi ha dife-  
rents estanys i altres masses  
d'aigua més estancades que  
tenen nivells d'eutrofització  
més greus, fet que es pot veure  
fàcilment, ja que tenen un alt  
grau de vegetació aquàtica  
superficial.

També cal concloure que la  
Tordera és un riu força sensible a  
les precipitacions. Com en la  
majoria dels rius de conques  
mediterrànies, el cabal té una  
gran dependència envers la pluja,  
especialment en les èpoques més  
caloroses. Així, doncs, la conca  
configura un sistema complex,  
amb estius secs i calorosos, que  
determinen el caràcter estacional  
de la Tordera.

Quant als paràmetres estu-  
diats, cal remarcar que tots com-  
pleixen les normatives vigents,  
tot agafant com a referència legal  
el Reial Decret 1541/1994, per a la  
potabilització d'aigües, englobat  
dins la política de la Directiva  
marc de l'aigua de la Unió Euro-  
pea. Tot i així, encara hi ha mol-  
tes coses a millorar, i podríem  
arribar a tenir un riu bastant més  
net i sa. Per exemple, des de  
Santa Maria de Palautordera, el  
riu empitjora en qualitat. Para-  
mètricament, se'n ressent, però  
organolèpticament, pateix una  
gran davallada. Perd qualitat  
quant a color, les aigües puntual-  
ment fan pudor, la qualitat del  
bosc de ribera empitjora visible-  
ment, etc., cosa que es pot com-  
provar amb una sola inspecció

visual. A més, hi ha estudis realit-  
zats per la Diputació de Barcelo-  
na (Programa de qualitat  
ecològica dels rius) que corrobo-  
ren aquests fets i declaren com a  
millorable l'estat ecològic del riu,  
especialment en els trams mitjà i  
baix.

Recuperant els objectius ini-  
cials, estic força satisfet de l'a-  
compliment d'aquests, ja que he  
pogut fer-me una idea de l'estat  
del riu, ja que, tot i no ser apa-  
rentment greu, sempre hi ha  
coses a millorar. He pogut realit-  
zar un seguiment del riu Tordera  
en diferents moments de l'any,  
localitzar el principal focus de  
contaminació del riu i realitzar  
una sèrie de propostes de millora  
de la qualitat del riu i de l'aprofi-  
tament d'aquest recurs tan valu-  
ós per a la gent que hi vivim a  
prop.

## He pogut realitzar un seguiment del riu Tordera en diferents moments de l'any i localitzar el principal focus de contaminació del riu

### Agraïments

En primer lloc, m'agradaria  
agrair a la Societat Catalana de  
Química el Premi al Treball de  
Recerca de Batxillerat dins l'Àm-  
bit de la Química atorgat al tre-  
ball. Després, a la revista *EduQ* el  
fet d'interessar-se pel treball i la  
publicació d'aquest article. Final-  
ment, m'agradaria donar les grà-  
cies a totes les persones que han  
col·laborat en la realització del  
treball i/o m'han donat el seu  
suport, especialment a la meua  
família i al meu tutor, en Josep M.  
Agustí, que, juntament amb l'An-  
na Torrent, ambdós professors de  
l'Escola Pia de Calella, m'ha brin-  
dat una ajuda inestimable. Mol-  
tes gràcies a tots.

### Bibliografia

#### Llibres

- BOADA, M. [et al.] (2008). *Els siste-  
mes socioecològics de la conca de  
la Tordera*. Barcelona: Institut  
d'Estudis Catalans. Institució  
Catalana d'Història Natural.
- BURRIEL, F. [et al.] (1977). *Química  
analítica cualitativa*. Madrid:  
Paraninfo.
- CUELLO, J. [et al.] (2009). *Biología. 2n  
batxillerat*. Barcelona: Barcano-  
va.
- FRANSON, M. A. H. [ed.] (1992).  
*Métodos normalizados para el  
análisis de aguas potables y resi-  
duales*. Madrid: Díaz de Santos.
- PRAT I FORNELLS, N. [et al.] (2008). *Els  
espais fluvials: Manual de diag-  
nosi ambiental*. Barcelona:  
Diputació de Barcelona.
- SOLER, M. T. [et al.] (2009). *Legisla-  
ción sobre aguas*. Cizur Menor:  
Civitas. (Biblioteca de Legisla-  
ción).

#### Pàgines web

- <[http://aca-web.gencat.cat/aca/  
appmanager/aca/aca/](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/)>  
<[http://www.ub.edu/ecologiai  
mediambient/](http://www.ub.edu/ecologiai<br/>mediambient/)>  
<[http://ecobill.diba.cat/egv/qua  
litatrius2009.php?autoresize=1](http://ecobill.diba.cat/egv/qua<br/>litatrius2009.php?autoresize=1)>  
<<http://www.idescat.cat/>>  
<[http://atlantis.uab.cat/UPIC/  
visualitzador.jsp](http://atlantis.uab.cat/UPIC/<br/>visualitzador.jsp)>  
<[http://www.youtube.com/watch  
&v=AXGuC38o1Iw&feature=fvrsr](http://www.youtube.com/watch<br/>&v=AXGuC38o1Iw&feature=fvrsr)>



#### Martí Garçon

És exalumne de l'Escola Pia de Calella  
(Barcelona). Actualment està estu-  
diant química a la Universitat de  
Girona.

A. e.: [marti\\_glorraine@hotmail.com](mailto:marti_glorraine@hotmail.com).